PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2000-349398

(43)Date of publication of application: 15.12.2000

(51)Int.CL

H01S 5/343 H01L 33/00 H01S 5/20

(21)Application number: 11-

: 11-157646

(71)Applicant: NICH

NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing:

04.06.1999

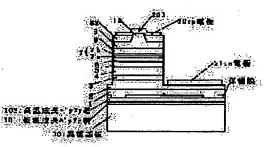
(72)Inventor:

NAGAHAMA SHINICHI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To further increase output and element reliability as compared with a normal case by providing a first p-type nitride semiconductor layer that is made of a specific substance and has a larger energy gap than a p-type clad layer and a second p-type nitride semiconductor layer between an active layer and a p-type clad layer. SOLUTION: In the nitride semiconductor light emitting device, a p-type cap layer 7 that is made of p-type AlxGa1-xN (0<X<1) and has a function for confining carriers to an active layer 6 is formed on the active layer 6 that is made of a nitride semiconductor containing In. The p-type cap layer 7 is made of a first p-type nitride semiconductor layer 7a that is made of p-type AlaGa1-aN (0<a<1) and a second p-type nitride semiconductor layer 7b that is made of p-type AlbGa1-bN (0<bc>
\(\text{b}(\text{s}) \). The p-type cap layer 7 is formed as a layer for confining carries to the active layer 6, and needs to have a larger band gap than the active layer 6 and improved crystallizability.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

3446660

04.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (JP)

許公報 (A) 图特 **₩** (21)

特開2000-349398 (11) 格斯出歐公開番号

平成12年12月15日(2000, 12, 15) (P2000-349398A) (43)公開日

Î

(51) Int C.1	台灣的歌	FI	*)
H01S 5/343	8	H01S 3/18	877 5F04
H01L 33/00		H01L 33/00	O
H01S 5/20		H01S 3/18	099

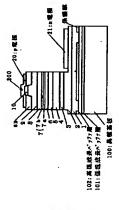
新型研究 右 (関次項の数18 OL (全16 頁)

				日亜化				746		707	1 23	
(71) 出國人 000226057	田田元学工業株内企社	001日本10年11日正元子自90	(72)発明者 長漢 (4)	物學學的工作工學的理論的 日期代	华工業株式会社内	(74) 代理人 100074354	井理士 豊栖 康弘 (外1名)	F 9 - ∆ ((1) ST041 CA04 CA05 CA34 CA40 CA46	CABS	SP073 AAS1 AASS AA74 AA83 CA07	CB05 CB07 CB10 DA05 DA25	EV29
徐昭平 11—157648	With the a may be done of the	+M11+074 11335.0.4)										
(21) 出國番号	E 1414 (66)											

(54) 【発明の名称】 空化物半導体配光素子及びその製造力法

【輠題】 従来例に比較してさらに出力と素子信頼性の 高い強化物半導体発光索子を提供する。

た第1のp型窒化物半導体層と、A1bG a1-bN (0< b<1)からなり第1のp型窒化物半導体層より結晶欠 【解決手段】 Inを含む鑑化物半導体からなる括性層 と、AlrGai-*N (0<×<1) からなりから招性層 かつp型キャップ層全体の厚さが10A以上1000A に接して形成されたp型キャップ層とを備えた窒化物半 1-aN (0 < a < 1) からなり 活性 臨に 被し と 形成され 導体発光探子であって、p型キャップ層は、AlaGa 路の少ない第2のp型強化物半導体層とを含んでなり、 以下に散定されている。



| 特許請求の範囲|

層、及びp型変化物半導体からなるp型クラッド層とを [請求項1] 少なくともn型蛮化物半導体からなるn 型クラッド層、「nを含む蜜化物半導体からなる活性 崩えた窒化物半導体発光素子において、

(0 < a < 1) からなりかつ前記p型クラッド層よりエ **選化物半導体層を有することを特徴とする窒化物半導体** 前記活性層とp型クラッド層との関に、AlsGal-sN と、A lb G a l-b N (0 < b < 1) からなる第2のp 型 ネルギーギャップの大きい第1のp型蜜化物半導体圖

【請求項2】 前記第1のp型強化物半導体層が、前記 **活性層に接して形成されている請求項1記載の窒化物半** 兒光紫子。

事体発光探子。

[請求項3] 前記第1の強化物半導体層の膜厚が、1 0 人以上100人以下の厚さであり、前配第2の強化物 半導体層の膜厚が、10人以上300人以下の厚きであ る闘状項1に記載の窒化物半導体発光禁子。

<1)からなる井戸屠を合む多監量子井戸構造である請 【精水項4】 前記活性層が、IneGateN (0≦c 水項1に記載の鑑化物半導体発光素子。

20

|精水項5|| 前配否性層が、Ingal-aN (0≦c <1)からなる井戸層を含んでなり、前配5型クラッド ■がAliGal-IN (0<×<1) からなり、かつ色配 A 1.Gai-.N (0<a<1) からなる知1のp型強化 bを消足するように組成が設定されている請求項1記載 る類2のp型窒化物半導体層がそれぞれ、×≦8,×≦ の強化物半導体発光数子。

【請求項6】 n型毀化物半導体からなるn型クラッド **層とp型変化物半導体からなるp型クラッド層との間に** Inを含む変化物半導体からなる活性層を備えた変化物 井禅存祀光鰲上において、

8

前配活性層とp型クラッド層との間に前記p型クラッド ■よりエネルギーギャップが大きいA I • G a1-eN(0 くゅく1) からなりかつ前記クラッド層より低温で成長 された第1のp型蛋化物半導体層を備えたことを特徴と する窒化物半導体発光繁子。

スを用いた有機金属気相成長法で成長されていることを 【請求項7】 前記第1のp型窒化物半導体層がN2ガ **帝徴とする請求項 6 記載の選化物半導体発光祭子。**

[開水項8] 前記活性層が、InoGat-oN (05c <1)からなる井戸層を含む多質量子井戸構造である情 **状項 6 に記載の強化物半導体発光禁子。**

[請求項9] 前記语性層が、IncGa1-oN (0≦c <1)からなる井戸層を含んでなり、前配p型クラッド 編がA 1x G a 1-x N (0 < x < 1) からなり、かつ哲的 A 1.G a1-.N (0 < a < 1) からなる第1のp 型鑑化 効半導体層が、x≦aを満足するように組成が設定され ている請求項6記載の鑑化物半導体発光業子。

帝国2000-349398

ପ

にInを含む質化物半導体からなる活性層を偏え、かつ 「請求項10」 n型窓化物半導体からなるn型クラッ ド層とp型蛮化物半導体からなるp型クラッド層との関 前記p型クラッド層と前記活性層との間に前記p型クラ ッド層よりパンドギャップの大きいA 1,G B1-,N (0 くy<1)からなるp型キャップ層が形成されてなる瓷</p> 化物半導体発光探子であった、

<1)からなる第1のp型強化物半導体層と、酸第1の 層より結晶欠陥の少ない第2のp型変化物半導体層とか らなり、かつ前記p型キャップ層全体の厚さが10人以 上1000人以下に設定されていることを特徴とする蛮 前記p型キャップ層は、p型のAl•Gai-•N (0<a p型童化物半導体層上に形成されたp型のAloGal-b N (0 < p < 1) からなり枯む第1のp 型強化物半導体 化物半導体発光報子。 9

【請求項11】 前記第1のp型強化物半導体層は、前 記活性層上にN2ガスを用いた有機金属気相成長法で成 長された請求項10記載の選化物半導体発光禁子。

が、10人以上100人以下の厚さであり、前配祭2の p 型蛮化物半導体層の膜厚が、10人以上300人以下 【請求項12】 前配第1の5型窒化物半導体層の膜厚 の厚さである請求項10に記載の強化物半導体発光素

c < 1) からなる井戸屠を含む多塩量子井戸構造である 【請求項13】 前記活性層が、In。Gal-oN (0≦ 請求項10に記載の強化物半導体発光数子。

【請求項14】 1nを含む弦化物半導体からなる活性 層上に、A I,Ga:・・N (0<y<1) からなるり對キ ヤップ層を成長させる工程を含む変化物半導体発光業子 の製造方法であった。

前記第1のp型電化物半導体層上に、水業ガスを用いた 前記活性層上に蛮祭ガスを用いて有機金属気相成長法に より、A1.Gai-aN (0<a<1) からなる第1のp 型質化物半導体層を成長させる第1の成長工程と、 前記p型キャップ層を成長させる工程は、

有機金属気相成長法により、AlbGal-bN (0<b< 1)からなる第2のp型強化物半導体層を成長させる第 2の成長工程とを含み、 Ç

000人以下の厚さに成長させることを特徴とする窒化 前記第1のp型登化物半導体層と第2のp型盛化物半導 体層とを有してなる前記 p 型キャップ層を 1 0 A 以上 1

[請求項15] 前記第2の成長工程における成長温度 を、前記第1の成長工程における成長温度より高く散定 した請求項14記載の選化物半導体発光祭子の製造方 物半導体発光索子の製造方法

【請求項16】 前記第1の成長工程における成長温度 を、前記活性層を成長させる時の成長温度と実質的に同 一に設定した請求項14記載の選化物半導体発光漿子の

8

[請求項18] 前記第1の成長工程における成長温度 を、850℃以上950℃以下に設定し、前配第2の成 長工程の成長温度を950℃以上に設定した請求項14 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

[発明の詳細な説明] [0001]

化物半導体器子に係り、特に発光素子、レーザ嚢子に関 レーザダイオード年の発光繋子、又は太陽電池、光セン |YGa|-x-YN、0≤X、0≤Y、X+Y≤1) よりなる館 サー等の受光森子に使用される蛮化物半導体 (InxA [発明の属する技術分野] 本発明は、発光ダイオード、

00021

【従来の技術】近年、選化物半導体からなる青色レーザ ダイオードが実用可能になっている。例えば、本発明者 し、その保護膜上から再度GaNを有機金属気相成長法 う)から成長が開始し、次第に保護膜上部でGaNの機 GaN同士が保護膜上で接合して成長を続け、結晶欠陥 (以下、転位という場合もある)の極めて少ない窒化物 し、この窒化物半導体基板上に素子構造を形成してなる (1998) pp. L309-L312 に、サファイア上に成長させたG 方向の成長が生じ、隣接する窓部から横方向に成長した 窒化物半導体レーザ素子は、1万時間以上の連続発振を 等は、Japanese Journal of Applied Physics. Vol. 37 (MOVPE) 等の気相成長法により成長させること で、保護膜が形成されていない部分(以下、密部とい 半苺体を得ることができることを開示している。そし て、得られる結晶欠陥の少ない選化物半導体を基板と a N層上に、SiOzよりなる保護膜を部分的に形成

[発明が解決しようとする課題] しかしながら、窒化物 半導体発光索子は、更なる出力、案子信頼性の向上が必 要である。

産成することができることが開示されている。

[0004] そにた、棒幣囲は、紡米側に比較したさら に出力と報子信頼性の高い選化物半導体発光素子を提供 することを目的とする。

[0005]

より前記目的を達成したものである。すなわち、本発明 の第1の選化物半導体発光案子は、少なくともn型鑑化 物半導体からなるn型クラッド層、Inを含む蜜化物半 【課題を解決するための手段】本発明は、以下の構成に 導体からなる活性層、及びp型窒化物半導体からなるp 型クラッド層とを備えた蛮化物半導体発光楽子におい

体層と、AlbGal-bN (0<b<1) からなる第2の よりエネルギーギャップの大きい第1のp型窒化物半導 て、前記活性層とp型クラッド層との関に、AlaGa I-●N (O<a<1) からなりかつ前記 p型クラッド層 p型変化物半導体層を有することを特徴とする。

子においては、前記第1のp型窒化物半導体層が、前記 【0007】さらに、本発明の第1の窒化物半導体発光 【0006】また、本発明の第1の蛮化物半導体発光素 **活性層に接して形成されていることが好ましい。**

10A以上100A以下の厚さであり、前記第2の蛮化 **的半導体層の膜厚が、10人以上300人以下の厚さで** 素子においては、前記第1の窒化物半導体層の膜厚が あることが好ましい。

[0008]また、本発明の第1の窒化物半導体発光素 <1)からなる井戸屠を含む多重量子井戸構造としても 子においては、前記活性層が、InoGal-oN(0≦c

寮子においては、前記活性層を、IneGai-eN(0≦ c<1)からなる井戸層を含む層とし、前記p型クラッ ド層をAlxGal-xN (0<x<1) とし、かつ前記A |•Gai-•N (0<a<1) からなる第1のp型強化物 b を満足するように組成が設定された層で構成すること [0009] さらに、本発明の第1の窒化物半導体発光 半導体層と前記A 1 p G a t - b N (0 < b < 1) からなる 新2のp型窒化物半導体層とをそれぞれ、×≦8,×≦

体発光素子において、前配活性層とり型クラッド層との [0010]また、本発明に係る第2の鑑化物半導体発 光素子は、n型窒化物半導体からなるn型クラッド層と p型変化物半導体からなるp型クラッド層との間に I n を含む窒化物半導体からなる活性層を備えた窒化物半導 間に前記D型クラッド層よりエネルギーギャップが大き いA1.Gai.eN (0<a<1) からなりかつ哲語クラ ッド層より低温で成長された第1のp型金化物半導体層 を備えたことを特徴とする。

活性層の品質を良好に保つことができる。すなわち、結 I nを含む活性層が分解するが、本発明に係る第2の蛮 て、前記活性層とp型クラッド層との間に前記p型クラ ッド囁よりエネルギーギャップが大きいA1aGa1-aN (ひくaく1) からなり前記クラッド層より低温で成長 化物半導体素子では、まず、前配活性層と前記クラッド 層との間に、前記クラッド層より低温で前記第1のp型 **窒化物半導体層を成長させて、その第1のp型窒化物半** 導体層で活性層の分解を防止しながら、結晶性の良いp 型変化物半導体層(前記クラッド層を含む)を形成する ことができるので、品質の良い活性層とその上に結晶性 の良好なp型蛮化物半導体層とを備えた発光素子を提供 [0011] このように、蛮化物半導体発光素子におい された第1のp型窒化物半導体層を備えることにより、 晶性の良いA 1 G a Nを成長させる成長条件の下では、

€

[0012]また、本発用に係る第2の窒化物半導体発 光素子においては、活性層の分解を効果的に抑えるため [0013]また、本発明に係る第2の窒化物半導体発 化素子においては、前記活性層を、IneGal-eN (0 ≤c<1) からなる井戸層を含む多重量子井戸構造とす に、前記第1のp型変化物半導体層がN2ガスを用いた 有機金属気相成長法で成長されていることが好ましい。 ることができる。

[0014]また、本発明に係る第2の蛮化物半導体発 からなる井戸層を含んだ層とし、前記D型クラッド層を 記Ai・Gai・- N (0 < a < 1) からなる第1のp型窒 A 1×G a 1-×N(0 < x < 1)からなる個とし、から哲 化物半導体層を、×≦aを満足するように組成を設定す 光素子は、前記活性層をIneGal-eN (0 Sc<1) ることにより構成できる。

光素子は、n型変化物半導体からなるn型クラッド層と を含む窒化物半導体からなる活性層を備え、かつ前配p 層全体の厚さが10A以上1000A以下に設定されて [0015]また、本発明に係る第3の蛮化物半導体発 p 型蜜化物半導体からなる p 型クラッド層との間に I n 1)からなるり型キャップ層が形成されてなる窒化物半 **導体発光素子であって、前記p型キャップ層は、p型の** AleGai--N (0<a<1) からなる第1のp型変化 れたp型のAlbGal-bN (0<b<1) からなり前記 第1のp型変化物半導体層より結晶欠陥の少ない第2の p型強化物半導体層とからなり、かつ前記p型キャップ 型クラッド層と前記活性層との間に前記り型クラッド層 よりパンドギャップの大きいA1,Ga1-,N(O<y< 物半導体層と、酸第1のp型窒化物半導体層上に形成さ いることを特徴とする。

20

[0016] このように、本発明に係る第3の窒化物半 形成された第1のp型電化物半導体層と、AlbGai-b N (0<b<1) からなる結晶欠陥の少ない第2のp型 にキャリアを閉じ込める機能を効果的に発揮させかつ括 解しないような条件でA1GaN層を成長させていたの **鉋化物半導体層とによって構成することにより、活性層** 性層の品質を良好に保つことができる。すなわち、結晶 性の良いAIGaNを成長させる成長条件の下では、I nを含む活性層が分解するために、従来は軟活性層が分 で、AIGaNを用いた結晶性の良いp型キャップ層を [0017] これに対して、本発明に係る第3の窒化物 導体発光業子において、前記p型キャップ層を、A 1。 Ga1-*N (0 < a < 1) からなり前配活性層に後して 形成することが困難であり、その機能を効果的に発揮さ せることが困難であった。また、結晶性の良いA1Ga 半導体素子では、まず、前配活性層に近い側に前配第1 Nからなるキャリア閉じ込め層を形成しようとすると、 活性層の分解が起こり発光特性の低下を招いていた。

将第2000-349398 化物半導体層で活性層の分解を防止しながら、結晶性の 良い第2のp型窒化物半導体層を形成することができる の第3の蛮化物半導体素子は、p型キャップ層を、活性 ので、品質の良い活性層と結晶性の良好なり型キャップ 層とを備えた発光素子を提供できる。すなわち、本発明 リアを効果的に活性層に閉じ込める第2のp 型盤化物半 署の分解を防止する第1のp型窒化物半導体層と、キャ 導体層とに機能的に分離した複数の層で形成することに

より、従来トレードオフの関係にあった問題点を解決し

つり型キャップ層全体としての結晶性の劣化を少なくで おいて、前記第1のp型金化物半導体層の膜厚は、10 A以上100A以下に設定することが好ましい。この値 聞に散定すると、活性層の分解を効果的に訪止でき、か のように設定すると、p型キャップ層全体としての結晶 性を比較的良好に保つことができ、活性層に効果的に電 【0018】また、本発明の第3の蛮化物半導体素子に は、10A以上300A以下とすることが好ましい。こ きる。さらに、前記第2のp型強化物半導体層の膜厚 子を閉じ込めることができる。

おいて、前記活性層を 1 no G a 1-o N (0 S c < 1) か き、このようにすると多重量子井戸構造の活性層の優れ ル拡散長が短いこと、キャリア側のオフセットが十分で しながら、本発明の第3の窒化物半導体発光素子におい て、活性層を、InGaNからなる井戸層を複数有する [0019] また、本発明の第3の竈化物半導体素子に [0020] すなわち、従来の竈化物半導体発光素子に おいて、多貫量子井戸構造の活性層を採用しても、ホー ないためオーバーフローが発生し易いこと等により、多 宣量子井戸構造の活性層の機能を十分に発揮させること ができないため、単一量子井戸構造に比較して期待され たほど素子特性を向上させることができなかった。しか 第1のp型窒化物半導体層と第2のp型筐化物半導体層 とによって構成することにより、多重量子井戸構造の活 性層に効果的にキャリアを閉じ込めることができ、核井 多量量子井戸構造として、かつ前配p型キャップ層を、 戸層へのキャリアの注入が良好にできる。これによっ らなる井戸層を含む多重量子井戸構造とすることがで た発光機能をより効果的に発揮させることができる。

30

て、多重量子井戸構造の活性層の特徴を十分な活用する 型蜜化物半導体層を成長させる第1の成長工程と、前記 [0021] 本発用に係る窒化物半導体発光素子の製造 AirGai-rN (0<x<1) からなるp型キャップ層 を成長させる工程を含む窒化物半導体発光素子の製造方 **前記活性層上に窒素ガスを用いて有機金属気相成長法に** より、AlaGat-aN (0<a<1) からなる第1のp 第1のp型窒化物半導体層上に、水素ガスを用いて有機 ことができ、良好な発光特性を実現することができる。 **法であって、前記p型キャップ層を成長させる工程は、** 方法は、Inを含む窒化物半導体からなる活性層上に

8

+

S

のp型蛮化物半導体層を成長させて、その第1のp型窒

の製造方法では、第1の成長工程において前配活性層上 面内分布に起因した数子面の発光物性のばらつきも存動 1)を成長させることができる水蛭ガスを用いて第2の p 型窓化物半導体層を成長させているので、前配第1の ることができる。また、In含む活性層におけるInの る。さらに、第2のp型窒化物半導体層を第1のp型窒 化物半導体層と異なる雰囲気で形成することにより、結 [0022] 以上の本発明に保る強化物半導体発光素子 に比較的低温で半導体圏の成長が可能な窒素ガスを用い た、第2の成長工程において、前配第1のp型**強化物**率 ら、結晶性の良い第2のp型窒化物半導体層を成長させ することができ、製造歩留まりを向上させることができ 晶成長形態の異なる層を形成することができ、機能分離 て前記第1のp型窒化物半導体層を成長させているの で、Inを含む活性層を分解させることなく、A1.6 ai--N (0 < a < 1) 層を形成することができる。ま 導体層上に、結晶性の良いAlbGat-bN (0<b< p 型窓化物半導体層により活性層の分解を防止しなが

【0023】このように、本発明に保る強化物半導体発 光茶子の製造方法では、活性層の結晶品質を損なうこと めて発光特性に優れかつバラツキの少ない窒化物半導体 なく、ロ型キャップ圏を形成することができるので、極 発光衆子を製造することができる。

することが好ましい。このようにすると、より結晶性の [0024]また、本発明に係る強化物半導体発光素子 の製造方法では、前記第2の成長工程における成長温度 を、前記第1の成長工程における成長遺度より高く設定 良い第2のp型窒化物半導体層を成長させることができ

に成長させることが好ましい。このように、前配第1の 第2の p 型強化物半導体圏の膜厚が10~300人の範 一に設定することが好ましい。このようにすると、In を含む活性層からの分解をより効果的に防止することが p 型選化物半導体層の膜厚が、10~100Åで、前記 [0025]また、本発明に係る窒化物半導体発光案子 を、前記活性層を成長させる時の成長温度と実質的に同 の製造方法では、前記第1の成長工程において、前記第 1のp型窒化物半導体層を10人以上100人以下の膜 **頃に成長させ、前記第2の成長工程において、前記第2** のp型蛮化物半導体層を10A以上300A以下の膜障 の製造方法では、前記第1の成長工程における成長遺度 [0026]また、本発明に係る鑑化物半導体発光素子 でき、前記活性層の結晶品質をより良好に保持できる。

囲になるように成長させることにより、上述した第1の 能と、第2のp型選化物半導体層によるキャリア閉じ込 好な結晶成長が可能な第2の p 型蛮化物半導体層を比較 p型蜜化物半導体層の成長において活性層を保護する機 【0027】なぜなら、比較的結晶性の悪い第1のp型 **強化物半導体層を活性層を保護することができる最小限** の膜厚に留めて、第1のp型窒化物半導体層を介して良 的厚く成長させることで、活性層との良好なオフセット が実現される。 すなわち、前記膜厚の第1のp型窒化物 半導体層だけでは、トンネル効果による電子の活性層か らの流出が問題となるが、第2のp型盌化物半導体層が **あることで、括性層内への良好なキャリア閉じ込めを実** め機能とを、いずれも良好に発揮させることができる。 見することができる。 07

を、85.0℃以上950℃以下の温度に設定し、前記第 [0028] さらに、本発明の強化物半導体発光索子の **ることが好ましい。このような温度範囲に成長温度を設** 時晶性の良好な第2のp型窒化物半導体層を成長させる 2の成長工程の成長温度を950℃以上の温度に散定す による活性層の保護をより効果的に図れ、よりいっそう 定することにより、上述した第1のp型蛮化物半導体層 製造方法では、前記第1の成長工程における成長恒度 ことがつきる。

[0029]

[発明の実施の形態] 本発明に係る実施の形態の選化物 **半導体発光券子は、図1に示すように、1nを含む強化** 効半導体からなる活性層6上に、p型のAlxGal-xN (O < x < 1) からなり活性層 B にキャリアを閉じ込め |•Gat-«N (0<a<1) からなる第1のp型鋼化物 5機能を有する p型キャップ層 7 が形成された選化物半 導体発光療子であって、p型キャップ層7は、p型のA からなる第2のp型蛮化物半導体層7bとからなること 半導体層 7 a と、p 型のA 1 b G a 1-b N (0 < b < 1) を特徴とするものである。

り、活性層6より大きいベンドギャップを有しから結晶 ながら、本発明が適用されるInを含む活性層を備えた ペンドギャップの大きさが所留の値になるようにA1の **番が主として用いられるが、以下のような問題点があっ** に良好な電位障壁(オフセット)が形成され効果的にキ ナリア閉じ込め機能を発揮させることができる。 しかし 【0030】このp型キャップ磨1は、活性層6にキャ 生のよい層であることが必要とされる。これらの条件を **質足する陽を活性層に接して形成すると、活性陽との間** 含有量を開整したp型のAlxGai-1N (0<x<1) 産化物半導体発光素子では、p型キャップ層1として、 リアを聞じ込めるための層として形成されるものであ

【0031】 すなわち、 結晶欠陥の少ない 結晶性の良好 なAIGaN層を成長させるためには、有機金属気相成 長法を用いてH2雰囲気で (H2をキャリアガスとして)

> 20 4

はさらに良好にできるが、「nを含む活性層の分解がよ x < 1) からなる結晶性の良いp型キャップ層7を形成 とになり、結局は期待したほどの発光特性を得ることは 長位度を高くすると、成長されるAIGaN層の結晶性 は、GaNにおいてGaの一部がAIにより置換された 直接成長させようとすると活性層が分解するという問題 気がむった。このために、p型のAlrGal-xN (0< **することができても、活性層6そのものを劣化させるこ** た。尚、本明細書において、単にAIGaNというとき 因業であった。H2雰囲気中におけるA1GaN層の成 AIGaN層をH2雰囲気中でInを含む活性層6上に 比較的高温でAIGaN層を成長させる必要があるが、 り激しくなり、発光舞命を低下させる原因となってい **蛮化物半導体を置う。**

成させたものである。すなわち、本発明に係る実施の形 助の強化物半導体発光素子は、1nを含む強化物半導体 の第1のp型変化物半導体層78によって活性層が分解 させると活性層を分解させることなくAIGaN層を形 成することができることを見出し、その点に着目して完 a < 1)からなる第1のp型強化物半導体層7aを、配 しないように保護しながら、H2雰囲気でp型のA1pG させないように比較的癖い P型のA 1 * G a t - * N (0 < からなる活性層 6 上に、N2雰囲気で予め活性層を分解 **子閉じ込め機能を劣化させない程度の厚さに形成し、そ** 【0032】本発明は、Inを含む活性層上に、H2雰 田気に代えい2雰囲気でかつ低塩でAIGBN層を改長 al-bN (0 < b < 1) からなる類2のp型錐化物半導 体層?もを形成するようにしたものである。

8≦0. 2) よりなるクラック防止層3、A1.Ga1-e について更に詳細に説明する。図1は、本発明の一実施 F層5、IneGatteN (0≦c<1) からなる多重量 [0033]以下に、図1を用いて本発明の実施の形態 る異種基板100の上面にELOG成長させた蜜化物半 タクト間2、SiドープのIngGal-gN (0. 05≦ N (0. 12≦ e<0. 15)を含んでなる多種類のn るp型クラッド層9、Mg ドーブのGaNからなるp型 コンタクト層2が形成の幅にエッチングされてリッジ形 の形態である窒化物半導体発光森子(窒化物半導体レー **ザ茶子)を示す模式的断面図である。図1の盛化物半導 体レーザ祭子は、サファイア等の蛮化物半導体とは異な** 算体基板1上に、n型不純物(例えばS;) をドープし てなるA 1kG at-kN (0 < k < 1) よりなるn型コン 型クラッド層4、アンドープのGaNからなるn型ガイ 8、AliGal-tN (0<f≤1)を含む多層膜からな コンタクト層10を備え、p型コンタクト層10~n型 (0<d≦1) からなる少なくとも2層以上のp型キャ 子井戸棒造の活性層 6、Mg ドープのA laGa1-aN ップ磨7、アンドープのGaNからなるp型ガイド層 状のストライプ200が形成されてなる。尚、p電極

帝国2000-349398

9

コンタクト層10に接するように形成され、リッジ形状 のストライプ 2.00の片倒に鶴出させた n 型コンタクト 留2上に形成される。

【0034】以下、個々の喫業について詳細に説明す

化物半導体と異なる材料からなる異種基板上に、蜜化物 保護膜を部分的に形成し、その上から蛮化物半導体を成 長させる。このようにすると、保護膜が形成されていな を続けることにより保護膜上に横方向に成長するように (ELOG成長について) ELOG成長とは、強化物半 て、横方向の成長を利用して転位の発生を抑制しながら 半導体が成長しないかまたは成長しにくい材料からなる い部分から強化物半導体の成長が開始され、さらに成長 なり、その結果、異種基板全体を覆う比較的厚膜の選化 単体の縦方向の成長を少なくとも部分的に一時的止め 成長させることができる成長方法である。具体的に、 効半導体が形成される。

とするサファイブ、スピネル (MBA1101) のような 絶縁性基板、SiC (6H、4H、3Cを含む)、Zn S、ZnO、GaAs、Si、及び強化物半導体と格子 [0035] 異種基板としては、種々の基板を用いるこ とができ、例えば、図2に示すC面、R面、A面を主面 整合する酸化物基板等、従来知られている強化物半導体 と異なる基板材料を用いることができる。 2

1°~0.3°の範囲のものを用いると、ELOG成長 り、その上に栞子を構成すると、各半導体層においてス 【0036】 前記の中で好ましい異種基板としては、サ ファイアであり、更に好ましくはサファイアのC面であ して得られる蛮化物半導体内部の微細なクラックの発生 を防止でき、よりいっそう好ましい。オフアングル角8 が0. 1°未満であるとELOG成長させた窒化物半導 体の内部に散御なクラックが発生しやすくなる傾向があ り、オフアングル角 0 が 0. 1。 以上であるとその上に 5。また、オフアングル角が0、3。 を組えると、EL テップが若干強調され、秦子のショート及びしきい値上 る。また、サファイアのC面がステップ状にオフアング ルされ、オフアングル角も (図3に示されるも) が0. OG成長させた窒化物半導体の扱面がステップ状にな **構成されるレーザ祭子の特性を安定させることができ** 異を招き好ましくない。

[0037] 前記のようなステップ状にオフアングルさ れたサファイア等の異種基板上に、保護膜を、直接又は 5。保護膜としては、保護膜表面に強化物半導体が成長 しないかまたは成長しにくい性質を有する種々の材料を 化ケイ紫(SixNr)、酸化チタン(TiOx)、酸化 **一旦蛮化物半導体を成長させてから、部分的(例えば、** 用いることができ、例えば酸化ケイ漿(SiOx)、 筘 ジルコニウム(ZrOx)等の酸化物、窒化物、またこ 異種基板投面が一定開隔で露出するように)に形成す

れらの多層膜、さらには1200℃以上の融点を有する

2

は、リッジ形状のストライプ200の最上層であるp型

-9-

金属等を用いることができる。好ましい保護模材料とし ては、SiO1及びSinが挙げられる。

気相成膜技術を用いることができる。また、部分的 (達 れるものではないが、例えばドット、ストライプ、碁盤 [0038] 保護膜材料を選化物半導体等の表面に形成 する方法としては、例えば蒸着、スパッタ、CVD等の R的)に形成する方法として、フォトリングラフィー技 そのフォトマスクを介して、前配材料を気相成膜する方 **法を用いることができる。保護膜の形状は、特に限定さ** 面状の形状で形成でき、好ましくはストライプ状の形状 とし、そのストライプがオリエンテーションフラット面 析を用いて所定の形状を有するフォトマスクを作製し、 (サファイアのA面) に垂直になるように形成する。

【0039】また、異種基板の表面のうち、保護膜を形 ることができ、良好な結晶性を有する窒化物半導体基板 る場合の保護膜のストライプ幅は、保護膜が形成されて いない部分(窓部)の幅を3とした時に、10以上にな ~27 mm、好ましくは11~24 mmとして、窓部の 幅としては、例えば2~5 um、好ましくは2~4 um 成する表面積の割合は、保護膜が形成されていない部分 の表面積より大きくすることが好ましく、このようにす ると、成長させる窒化物半導体に発生する転位を防止す が得られる。例えば、保護機をストライプ形状に形成す るようにすることが好ましい。この場合、保護膜のスト 足するように設定することがさらに好ましい。保護膜を ストライブ形状に形成する場合、保護膜のストライブ幅 と窓部の幅を前記の関係に散定すると、鑑化物半導体が 部) の幅w2として、w1:w2=16~18:3を満 保護膜を覆い易くなり、且つ転位を効果的に防止するこ とができる。保護膜のストライブ幅としては、例えば6 ライブ幅w1は、保護膜が形成されていない部分(窓

せることができる。すなわち、保護膜上部に位置する窒 化物半導体の結晶性が、窓部上部等に比較して良好であ [0040] また、ELOG成長して得られる窒化物半 導体上に素子を構成し、p 型塞化物半導体層にリッジ形 状のストライプ200を形成する場合、リッジ形状のス きい値を低下させることができ、寮子の信頼性を向上さ り、また、保護膜の中心線上付近は、密部から成長した 隣接する窒化物半導体同士が横方向の成長によって接合 があり、この空隙の上部にリッジ形状のストライプ20 が伝播し易くなり、衆子の信頼性を劣化させる恐れがあ かつその中心線(長手方向に平行な中心線)上を避けて 形成されていることが好ましく、このようにすると、し する部分でありこのような接合箇所に空隙の生じる場合 のが形成されると、ソーザ素子の動作中に空隙から転位 トライプ200が、ストライプ状の保護膜の上であり、

20 てもよいが、異種基板上に低温成長のパッファ帰101 [0041]また、保護膜は、異種基板に直接形成され

を形成させ、更にその上に高温成長の窒化物半導体から なるパッファ層102を成長させた上に、形成すること が好ましく、このようにすると、転位の少ないより結晶 5。また、本発明に係る窒化物半導体発光素子を形成す るために用いることができる基板は、上述したELOG

性に優れた窒化物半導体基板を成長させることができ

にしてもよい。また、ELOG成長に用いる低値成長の パッファ磨101としては、例えばAIN、GaN、A きる。これらのパッファ層は、異種基板と比較的高温で ドープのGaNを数μmから数十μmの膜厚で成長させ た下地層として成長させ、その上に素子を構成するよう I Gan、及びInGan等のいずれかを900℃以下 200℃以上の遺度で、順厚数十オングストローム〜数 ゴオングストロームで成長させたものを用いることがで 改長される蛮化物半導体層との間の格子定数不整を緩和 することができ、成長させる層におれる転位の発生を防 ハ。 本発明では、たとえば、サファイア基板の上にアン 成長させた変化物半導体基板に限定されるものではな 止することができる。

7層102の膜厚は特に限定されるものではないが、例 ■102としては、アンドープのGaN、n型不純物を ドープしたGan、またSiをドープしたGanを用い 5。またこれらの変化物半導体は、高温、具体的には9 【0042】高遺成長の竈化物半導体からなるパッファ 00℃~1100℃、好ましくは1050℃でパッファ 層101上に成長される。本発明において、このパッフ ることができ、好ましくはアンドープのGaNを用い えば1~20μm、好ましくは2~10μmとする。

体基板1を得る。この場合、成長させる蛮化物半導体と Ge, Sn, Be, Zn, Mn, Cr, 及びMg) をド [0043] 次に保護膜を形成した上に、窒化物半導体 は、例えば900℃~1100℃、より具体的には10 50℃付近の温度で成長させる。不能物がドープされて をMOCVD等により、ELOG成長させて窒化物半導 ープしたG a Nを用いることができる。成長値度として しては、アンドープのGaN又は不純物(例えばSi、 いると成長層おける転位の発生を抑制することができ、 好ましい。 30

て、成長速度をコントロールし易いMOCVD(有機金 異化学気相成長法)等で成長させ、保護膜がELOG成 長の窒化物半導体で覆われた後の成長をHVPE(ハラ **イド気相成長法)等で成長させてもよい。以上のように** Jで、本実施の形態では、ELOG成長により窒化物半 [0044] このELOG成長では、成長初期におい 算体基板1を異種基板上に形成する。

暑の形成) 本実施の形態では、まず、n型コンタクト層 ト層2としては、n型不純物(好ましくはSi)がドー [0045] (窒化物半導体基板1上の各窒化物半導体 2を変化物半導体基板1上に成長させる。n型コンタク プされたAl.Gai-aN (0<a<1) を成長させる。

将第2000-349398

®

n型コンタクト層2として、好ましくはaが0.01~ 0. 05に設定されたAlaGar-aNを成長させる。n 型コンタクト層2をA1を含む3元混晶で形成すると、 **窒化物半導体基板1に散細なクラックが発生していて**

/cm3~5×1014/cm3とする。このn型コンタク も、数部なクラックの伝播を防止することができ、更に 従来の問題点であった

筆化物半導体基板1とn型コンタ クト層2との格子定数及び熱膨張係数の相違によるn型 コンタクト層への微細なクラックの発生を防止すること ができ好ましい。n型不純物のドーブ量は、1×1016 ト層2にはn電極21が形成される。n型コンタクト層 2の膜厚は、1~10μmとする。また、本実施の形態 では、蛮化物半導体基板1とn型コンタクト層2との間 させてもよく、このアンドープの層を成長させるとn型 コンタクト層2の結晶性を良好とでき、寿命特性を向上 に、アンドープのA I・G a 1・8 N (0 < a < 1) を成長 させることができる。この場合、アンドープロ型コンタ クト層の膜厚は、数ヵmとする。

【0046】 次に、クラック防止層3をn型コンタクト 層2上に成長させる。クラック防止層3としては、Si ドープのIngGai-gN (0. 05≦g≦0. 2) を成 止層 3 を n 型コンタクト層 2 上に形成すると、繋子内の クラックの発生を防止することができ、好ましい。 S i 長させ、gが0.05~0.08に設定された1ngG ai-tNを成長させることが好ましい。このクラック防 のドープ量としては、5×1010/cm3である。しか しながら、本発明では、クラック防止層3を省略しても

に、Inの混晶比を大きく (x ≧ 0.1) することが好 ラッド層4から潰れ出した、活性層6で発生された光を 一ンの乱れを防止することができる。このクラック防止 層の膜厚は、例えば、0.05~0.3μmのそれ自身 ましく、このようにすると、クラック防止層3がn型ク 欧女 ためいわがかや、フー声光のンナーレィーガドバタ [0047] また、クラック防止層3を成長させる豚 の結晶性が損なわれない程度の厚みとする。

多層膜としては、アンドープのA I。Gal-。Nとn型不 晶性の良い窒化物半導体層が積層できる。より好ましい る多層膜の層として形成される。多層膜とは、互いに組 導体、例えばAIの混晶比の異なるもの、Inを含んで み合わせとしては、Al。Gal-•NとGaNとを積層し てなる多層膜である。このようにすると、同一温度で結 【0048】次に、n型クラッド層4をクラック防止層 3上に成長させる。n型クラッド層4は、AleGal-。 N (0, 12≦e<0, 15)を含む選化半導体を有す 5)層と、このA1.Ga1-Nと組成の異なる鑑化物半 なる3元混晶のもの、又はGaN等からなる層とを組み 合わせて積層してなるものである。この中で好ましい組 成が異なる蛮化物半導体層を積層した多層膜構造を示 し、例えば、A 1•Ga1-•N (0. 12≦e<0. 1

純物(例えばSi)ドープのGaNとを組み合わせて積 でき且つ結晶性を損なうことなくn型クラッド層4を形 型不純物がこの範囲でドープされていると抵抗率を低く 看したものである。この場合、n型不純物は、A 1。G 81-eNにドープされてもよい。n型不能物のドープ量 は、4×1018/cm3~5×1018/cm3である。 成することができる。

グストローム以下、好ましくは70オングストローム以 ができる。また、n型クラッド層4の総膜厚は、0.7 下、さらに好ましくは40オングストローム以下であっ て、好ましくは10オングストローム以上の膜厚の強化 物半導体層を積層することにより構成する。単一の膜厚 が100オングストローム以下であるとn型クラッド層 が段格子構造となり、Alを含有しているにもかかわら 【0049】この多層膜は、単一層の膜厚が100オン ず、クラックの発生を防止でき結晶性を良好にすること ~2 umca5.

【0050】またn型クラッド層の全体の平均組成は、 その平均組成をAlkGal-kNで表したときに、xを

2

 05~0.1とすることが好ましい。A1の合有率 がこの範囲であると、クラックを発生させないように形 とが好ましく、このようにすると、しきい値を低下させ 成でき、且つ充分にレーザ導液路との屈折率の整を得る ことができる。次に、n型ガイド層5をn型クラッド層 4上に成長させる。n型ガイド層5としては、アンドー プのGaNからなる蜜化物半導体を成長させる。n型ガ イド層5の膜厚は、0. 1~0. 07 mmに散定するこ ることができる。また、n型ガイド層4をアンドープと することが好ましく、これによって、レーザ導放路内の 伝搬損失を減少させることができ、かつしきい値を低く することができる。

【0051】次に、活性層6をn型ガイド層5上に成長 01のIneGai-eNとする。また活性層6を構成する 井戸層及び障壁層のいずれか一方または両方に不純物を ドープしてもよい。この場合、降監層に不純物をドープ 井戸暦の膜厚としては、30~60オングストロームで あり、障壁層の膜厚としては、90~150オングスト 1・8N(0≤c<1)を含んでなる多重量子井戸構造を させる。本実施の形態において、荷性層は、IneGa させると、しきい値を低下させることができ好ましい。 0. 2の1 n。Gai-•Nとし、降壁層は、cが0~0. 有する。活性層6において、井戸層は、cが0. 1~

[0052] 多貫量子井戸構造の活性層6は、障壁層か また井戸層から始まり井戸層で終わってもよい。 好まし 5回繰り返してなるもの、好ましくは井戸層と障壁層と のペアを3回繰り返してなるものがしきい値を低くし毋 ら始まり井戸届で終わっても、障職層から始まり障職局 くは障壁層から始まり、井戸層と障壁層とのペアを2~ で終わっても、井戸層から始まり降鹽層で終わっても、

8

命特性を向上させるのに好ましい。

詳しくは後述するとおりである。また、p型キャップ層 形成したことによる発光案子における抵抗値の上昇を抑 [0053] 次に、p型キャップ層7を活性層6上に成 | aG a i - a N (0 < d ≦ 1) からなる少なくとも2層を は、好ましくは d が 0. 1以上 0. 5以下の範囲に設定 する。本発明におけるp型キャップ層を構成する第1の p型窒化物半導体層、筑2のp型窒化物半導体層につい 以上400オングストローム以下に散定する。p型キャ ルク抵抗が高いものである。従って、p型キャップ層を 長させる。 P型キャップ層1としては、M.g.ドープのA ては、上記範囲の混晶比が適用されるが、各層について 7 全体の膜厚は、10オングストローム以上1000オ ングストローム以下、好ましくは20オングストローム 次のような理由によるものである。 すなわち、p型キャ ップ層でをAIGaN層とした場合、キャリア閉じ込め 機能を効果的に発揮させることができるが、AIGaN **倒はAlを含まない羞化ガリウム系半導体に比較してパ** また、このり型キャップ層1の本来の機能は、上述 のキャリア閉じ込め機能であり、その機能を効果的に発 従って、膜厚が上記範囲であると、活性層 6 内にキャリ アを効果的に閉じ込めることができ、且つパルク抵抗も ップ階7全体の膜厚をこのような範囲に散定するのは、 上、好ましくは20オングストローム以上に散定する。 成長させて構成する。このp型キャップ層1の磁晶比 える必要があるために、1000オングストローム以 苗させるために、その膜厚を10オングストローム以 下、好ましくは400オングストローム以下に設定す

は、1×1019/cm3~1×1011/cm3とする。ド ープ肚をこの範囲に散定すると、パルク抵抗を低下させ ることに加えて、後述のアンドープで成果させる『型ガ イド層にMgが拡散され、比較的薄い層であるp型ガイ F層8にMgを1×1016/cm³~1×1018/cm³ [0054] またり型キャップ層1のMgのドープ量 の範囲で含有させることができる。

低く抑えることができる。

2のp型変化物半導体層16の2層で構成した。しかし ナップ層 7 は、A 1 • G a 1 • Nからなる第1のp 型盤化 [0055] ここで特に、本奥施の形態において p型キ 物半導体層1aと、その上にA1bGa1-bNからなる第 ながら、本発明はこれに限られるものではなく、2以上 の層としてもよく、また、例えば、第2のp型蜜化物半 導体局76を複数の局を積層することにより形成しても

<はa>0のA 1。Ga1-。N層とすると、強化物半導体 は、0以上であれば、活性層の分解を効果的に抑制する ことができる。この機能を発揮させるためには、好まし ものではない。しかし、AliGalinN層で表される第 [0056]また、各層のA1選晶比は特に限定される 1のp型窒化物半導体層7gにおいては、A1混晶比a

20

6

本発明においては、第1のp型窒化物半導体層7 a 及び アのオーパフローのない良好なキャリア注入を実現する と第2のp型錐化物半導体層7bとは、同一の組成、す なわちョーbとすることが好ましく、このような条件下 の中でも比較的高融点で化学的に安定な層を、活性層に 近い方に(好ましくは接する)散けることができ、活性 2より大きくすることで、活性層との間に良好なオフセ の関整等が容易にできかつ制御性を高くできるので、第 ットをとる(電位障壁を形成する)ことができ、キャリ ことができる。この時、第1のp型窒化物半導体層7 a では、製造において各ソースガス、不純物ガスの供給量 1 の p 型強化物半導体層及び第 2 の p 型毀化物半導体層 国の分解をより効果的に抑制することができる。また、 第2のp型窒化物半導体層1bの各A1混晶比a、b を、好ましくは0. 1より大きく、更に好ましくは0. を安定して、精度よく成長させることができる。

【0057】次に、第1のp型窒化物半導体層7a、第 とが好ましい。 特に、第1のp型強化物半導体層の具体 の b 型錐化物半導体層の成長温度は、例えば活性層の成 長温度より100℃程度高いの温度に設定することが好 6の分解を防止することができ好ましい。そして、第2 る。成長温度としては、第1のp型窒化物半導体層より も高い温度で第2のp型窒化物半導体層を成長させるこ 的な成長進度は850~950℃程度、活性層を成長さ せる温度と同様の温度に設定すると、Inを含む活性層 ましく、これによりより良好な結晶性を有するA1G8 2のp型強化物半導体層15の成長条件についた説明す N層を形成することができる。

2

半導体は、活性層とほぼ同じ雰囲気で成長させることが トを形成するために好ましい雰囲気で成長させる。この 層とでき、各層にそれぞれ特有の機能を持たせることが のp型盤化物半導体層の成長時の雰囲気は、異なる雰囲 できる。具体的には、第1のp型強化物半導体層の成長 気とすることが好ましい。 すなわち、第1のp型蜜化物 **育1のp型鑑化物半導体層は活性層の分解を防ぐ層、第** 【0058】さらに、第1のp型蛮化物半導体層と第2 5。また、第2のp型窒化物半導体は、良好なオフセッ 2のp型窒化物半導体は良好なオフセットの実現を担う 田気はH1とすることで、それぞれ上述の機能を有する 習が形成できるため、得られる森子は良好な発光特性を 雰囲気はN2とし、第2のp型強化物半導体層の成長雰 ようにすると、2つの層の結晶成長形態の違いにより、 好ましく、こうすることで、活性層の分解を防しでき 9

Pを小さく抑えるために、第1のp型窒化物半導体層は 10~100オングストロームの範囲、第2のp型窒化 [0059] またり型キャップ層7を前記少なくとも2 8成したことによる発光薬子のVf(順方向配圧)の上 物半導体層は10~300オングストロームの範囲に設 量から構成する場合の各層の膜厚は、p型キャップ層を

ように、D型ガイド簡8はアンドーブ層として成長させ させる。p型ガイド層8は、アンドーブのGaNからな して、1×1016/5/cm3~1×1018/cm3の結画や 的えるために、第1のp型強化物半導体層を10~30 Aの範囲、第2のp型強化物半導体層を10~100A オングストロームの範囲に設定することがさらに好まし い。次に、p型ガイド層8をp型キャップ層1上に成長 る蛮化物半導体圏を成長させて形成する。膜厚は0.1 ~0. 07μmとすることが好ましく、この範囲の腰厚 にするとしきい値を低くすることができる。また上述の るが、p型キャップ層7にドープされているMgが拡散 **定することが好ましい。また、Vfの上昇をより小さく**

聞とを組み合わせて積層してなるものである。この中で わる。p型不純物は、AliGal-iNにドープされても とが好ましい。多層膜とは、互いに組成が異なる強化物 ば、AliGai-tN層と、AliGai-tNと組成の異な nを含んでなる3元混晶のもの、又はGaN等からなる 帝に、AliGai-INとGaNとを組み合わせて積層し 一プされていると結晶性を損なわない程度のドーブ量で **{0060} 次に、p型クラッド層9をp型ガイド層8** 半導体層を積層した多層膜構造を有する層であり、例え 5 選化物半導体、例えばAIの混晶比の異なるもの、1 た多層膜とすると、同一値度で結晶性の良い鑑化物半導 体層が積層できるので好ましい。より好ましい多層膜と しは、アンドープのA 11Gal-1Nとp型不純物(例え ばMg)ドープのGaNとを積層してなる組み合わせで を含んでなる窒化物半導体層を有する多層膜層とするこ 1×1019/cm3である。p型不純物がこの億囲でド 上に成長させる。p型クラッド層9としては、AlvG 母ましくはAliGai-iN (0. 05≦f≦0. 15) たい。 P 型不純物のドーブ書は、1×1017/cm3~ ai-tN (0<f≤1)を含んでなる強化物半導体層、 且つバルク抵抗を低くできる。

[0061] この多層膜において、単一層の膜厚が10 とし、好ましくは10オングストローム以上の順厚の蛮 オングストローム以下であるとn型クラッド層が超格子 ックの発生を防止できn型クラッド層全体の結晶性を良 ては、0. 4~0. 5μmとすることが好ましく、この [0062] またp型クラッド階9の全体のA1の平均 0オングストローム以下、好ましくは10オングストロ - 4以下、さらに好ましくは40オングストロー4以下 化物半導体服を積層して構成する。 単一の膜厚が100 青造となり、A 1 を含有しているにもかかわらず、クラ **みにすることができる。 p型クラッド層 9 の総膜厚とし 笹囲に散定すると順方向鵯圧(Vf)を低減することが**

すると、クラックの発生を抑制し且つレーザ導波路との ~0. 1の範囲に数定することが好ましく、このように 組成は、AleGai-eNで扱したときに、sが0.05

将翌2000-349398

9

2

1~1×1022/cmlとする。このよう原厚とMgのド 間に良好な屈折率差が得られる。太に、p型コンタクト を成長させた層である。限厚は10~200オングスト ロームに設定する。Mgのドープ量は1×1019/cm クト層は、Mg ドープのGaNからなる強化物半導体層 リア濃度を高くでき、p電極との間に良好なオーミック 層10をp型クラッド層9上に成長させる。p型コンタ 一プ量を開整することにより、p型コンタクト層のキャ 後触を形成することができる。

は、例えば、図1に示すようなp型コンタクト層10か ライプ200は、p型コンタクト層から所定の磔さまで ちp型クラッド層9の途中までエッチングしてなるリッ シ形状のストライプ200、又はp型コンタクト層10 形状のストサイプ200などの種々のリッジ形状のスト [0063] 本発明の案子において、リッジ形状のスト からn型コンタクト撮2までエッチングしてなるリッジ エッチングすることにより形成する。 本実施の形態で ライブ200を適用することができる。

Mgが含有される。

体層の平面に、例えば図1に示すように、レーザ導波路 れたいる。ストライプの室田等に形织される結構取とし Cは、例えば、屈折率が約1.6~2.3付近の値を有 も選択された少なくとも一種の元素を含む酸化物や、B N、AIN等が挙げられ、好ましては、2r及びH1の [0064] エッチングした形成されたリッジ形状のス トライプ200の匈面やその匈面に連続した蛮化物半導 領域の屈折率より小さい値を有する絶縁膜62が形成さ する、Si、V、Zr、Nb、Hf、Taよりなる鮮か 敬化物のいずれか1種以上の元群や、BNである。

2

【0065】さらにこの絶縁取62を介してリッジ形状 のストライプ200の最上層にあるp型コンタクト層1 0の教面にp電極が形成される。 エッチングして形成さ のストライプ200の幅をこの範囲に敷定すると、水平 5~4 μm、好ましくは1~3 μmとする。リッツ形状 ることにより、リッジ形状のストライプ200を形成す ると、アスペクト比を1に近づけることができるので好 倒モードを単一モードにできる。また、p型クラッド層 9 とワーが導液路低極との界固より深ヘオッチングをす れるリッジ形状のストライプ200の幅としては、0.

を容易にできる。また本発明の業子において、p配極や 1 配極等は従来公知の種々のものを適宜強択して用いる [0066] 以上のように、リッジ形状のストライプ2 光が得られ、さらにアスペクト比を円形に近づけるよう **に設定することが好ましく、ワー并アームやワンメ散射** 00のエッチング量や、ストライブ幅、さらにストライ プの国因の絶縁膜の屈だ母などを、単一キードのレー \$

成に限定されるものではなく、以下のような変形も可能 0067】また、本発明は実施の形態で説明した層構 とができる。

-10

S

6

ップの大きい第1のD型窒化物半導体層を形成するよう 実施の形態の窒化物半導体発光業子では、 p 型キャップ ラッド磨っと活性層の間に少なくとも1つの第1のp型 ち、本発明に係る窒化物半導体発光素子において、p型 層 7 の一部として、活性層 6 の分解を防止する第 1 の p クラッド周7と活性層の間に、p型クラッド層1の成長 にすると、活性層の結晶品質を良好に保ちかつ結晶性の た、この変形例において、第1のp型錐化物半導体層は パンドギャップをクラッド帰より大きく散定しているの で、一定のキャリア閉じ込め機能を発揮させることがで 型臵化物半導体層78を形成したが、本発明ではp型ク 温度より低い成長温度でp型クラッド層よりパンドギャ 蚤化物半導体層を形成するようにしてもよい。 すなわ 良い中型クラッド層を形成することが可能となる。ま きる。したがって、本変形例の窒化物半導体発光素子

[0068]

は、従来例に比較して、出力及び素子の信頼性を高くで

2 [実施例] 以下に本発明の一実施の形態である実施例を 示す。しかし本発明はこれに限定されない。また、本実 施例はMOVPE(有機金属気相成長法)について示す ものであるが、本発明の方法は、MOVPE法に限るも MBE(分子線気相成長法)等、蜜化物半導体を成長さ のではなく、例えばHVPE(ハライド気相成長法) せるのに知られている全ての方法を適用できる。

[0069] [実施例1] 実施例1として、図1に示さ れる本発明の一実施の形態である選化物半導体レーザ素 子を製造する。異種基板として、図3に示すようにステ ップ状にオフアングルされたC面を主面とし、オフアン グル角 8 = 0.15。、ステップ段差およそ20オング ストローム、テラス幅Wおよそ800オングストローム であり、オリフラ面をA面とし、ステップがA面に垂直 であるサファイア基板を用意する。

【0010】このサファイア 基板を反応容器内にセット し、温度を510℃にして、キャリアガスに水霧、原料 ガスにアンモニアとTMG(トリメチルガリウム)とを 用い、サファイア基板上にGaNよりなる低温成長のパ る。パッファ層成長後、TMGのみ止めて、温度を10 50℃まで上昇させ、1050℃になったち、原料ガス にTMG、アンモニア、シランガスを用い、アンドープ のGaNからなる高温成長のパッファ層を 5 μmの膜厚 ッファ 풤を200オングストロームの膜厚で成長させ

D装置によりストライプ幅18μm、窓部の幅3μmの 垂直な方向である。保護膜形成後、ウェーハを反応容器 ェーハ上にストライプ状のフォトマスクを形成し、CV る。保護膜のストライプ方向はサファイアA面に対して [0071] 次に、高温成長のパッファ層を積層したウ SiOtよりなる保護膜を0.1mmの順厚で形成す

アを用い、アンドーブのGaNよりなる窒化物半導体層 に移し、1050℃にて、原料ガスにTMG、アンモニ る。得られた窒化物半導体を窒化物半導体基板1として を15μmの膜厚で成長させ窒化物半導体基板1とす 以下の素子構造を積層成長させる。 [0072] (アンドープn型コンタクト層) [図1に は図示されていない」

窒化物半導体基板1上に、1050℃で原料ガスにTM スを用いアンドープのA 10.08G ao.85Nよりなるn型 A(トリメチルアルミニウム)、TMG、アンモニアガ コンタクト層を1μmの膜厚で成長させる。

ことで微細なクラックの伝播を防止でき結晶性の良好な 【0073】(n型コンタクト暦2)次に、同様の温度 で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアガスを用 クが発生しておらず、微細なクラックの発生が良好に防 止されている。また、窒化物半導体基板1に数据なクラ ックが生じていても、n型コンタクト層2を成長させる 素子構造を成長さることができる。 結晶性の改善は、n 型コンタクト層2のみの場合より、前記のようにアンド ープn型コンタクト層を成長させることによりより良好 る。成長されたn型コンタクト層2には、微細なクラッ を3×1014/cm³ドープしたA 10.05G a 0.15Nよ い、不純物ガスにシランガス(SiH1)を用い、Si りなるn型コンタクト層2を3μmの膜厚で成長させ

ジウム) 及びアンモニアを用い、不純物ガスにシランガ [0074] (クラック防止層3) 次に、遺度を800 Cにして、原料ガスにTMG、TMI(トリメチルイン 0.08G a 0.82Nよりなるクラック防止層 3を0.15μ スを用い、Siを5×10~~~m~ドープした!n mの膜厚で成長させる。

を用い、アンドープのA 10.14 G a 0.66 NよりなるA層 を25オングストロームの順厚で成長させ、続いて、T し、総膜厚8000オングストロームの多層膜(組格子 【0075】 (n型クラッド層4) 次に、温度を105 MAを止め、不純物ガスとしてシランガスを用い、Si 2.5オングストロームの鎮厚で成長させる。そして、こ の操作をそれぞれ160回繰り返してA層とB層の積層 0℃にして、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニア を5×1018/cm³ドープしたGaNよりなるB層を 構造)よりなるn型クラッド層4を成長させる。

原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、アンドープの GaNよりなるn型ガイド層を0.075μmの膜厚で [0076] (n型ガイド層5)次に、同様の湿度で、

(活性層6) 次に、温度を800℃にして、原料ガスに ГMI、 TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとし 反応容器内をN1禁囲気として、Siを5×1014/c m³ドープした I no. 01 G a o. 99 Nよりなる障壁層を 1 てシランガスを用い、キャリアガスとしてN2を用い、

S

特開2000-349398

2

0.0オングストロームの膜厚で成長させる。続いて、シ ランガスを止め、アンドープの I no.11G ao.80Nより 総膜厚550オングストロームの多重量子井戸構造(M 5。この操作を3回繰り返し、最後に輝璧層を復帰した なる井戸層を50オングストロームの膜厚で成長させ QW)の活性層6を成長させる。

クロペンタジエニルマグネシウム)を用い、Mgを1× 1のp型選化物半導体層7gを、膜厚20Aで成長させ 960℃まで上昇させた後、同様にしてMgを1×10 この第1のp型電化物半導体層と、第2のp型電化物半 **単体層とでもった、P型キャップ階7とし、層膜厚90** 同様の雰囲気(N1)で、原料ガスにTMA、TMG及 19/cm³ KープしたA 10.4G ao.6Nよりなる第2の びアンモニアを用い、不純物ガスとしてC p1Mg(シ 1019/cm3ドープしたA 10.4G ao.eNよりなる第 【0077】(p型キャップ層1)次に、同様の温度、 る。次に、キャリアガスをHiにして、Hi雰囲気とし、 p型窒化物半導体層 7 bを、膜厚 7 0 Åで成長させる。 Aで形成する。

[0078] (p型ガイド層8)次に、過度を1050 ンドープのGaNよりなるp型ガイド層8を0.075 umの膜厚で成長させる。このp型ガイド層8は、アン ドープとして成長させるが、p型キャップ層7からのM Cにして、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、プ gの拡散により、Mg濃度が5×10'€/cm³となり p型を示す。

厚5000オングストロームの多層膜(超格子構造)よ それぞれ100回繰り返してA階とB層の積層し、総膜 で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、 アンドープのA 10.1G ao. 9 NよりなるA層を2 5 オン グストロームの膜厚で成長させる。そして、この操作を 014/cm³ ドープしたG a NよりなるB層を25オン グストロームの膜厚で成長させ、機いて、TMAを止 め、不純物ガスとしてCp1Mgを用い、Mgを5×1 [0079] (p型クラッド暦9) 次に、同様の温度 りなる p型クラッド層 9を成長させる。

ドープしたG a N よりなる p 型コンタクト層 1 0 を 1 5 [0080] (p型コンタクト層10) 次に、同様の道 度で、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、不純物 反応容器内において、ウエハを窒棄雰囲気中、100℃ ニーリング後、ウエハを反応容器から取り出し、最上層 ガスとしてCpiMgを用い、Mgを1×1020/cm³ でアニーリングを行い、 D 型層を更に低抵抗化する。 ア 形成して、RIE(反応性イオンエッチング)を用いS n 電極を形成すべき n 倒コンタクト層 2 の表面を露出さ 0オングストロームの膜厚で成長させる。反応終了後、 のp側コンタクト層の数面にSiO2よりなる保護膜を ICI・ガスによりエッチングし、図4に示すように、

20 [0081] 次に図4 (a) に示すように、最上層のp

6 1の上に所定の形状のマスクをかけ、フォトレジスト 膜61を0.5μmの膜厚で形成した後、第1の保護膜 m、厚さ1μmで形成する。次に、図4(b)に示すよ うに第3の保護膜63形成後、RIE(反応性イオンエ 関コンタクト層10のほぼ全面に、PVD装置により、 Si酸化物 (主として、SiOz) よりなる第1の保護 ッチング)装置により、CF4ガスを用い、第3の保護 よりなる第3の保護膜63を、ストライプ幅1.8μ

して、ストライプ状とする。その後エッチング液で処理

(c) に示すようにp側コンタクト層10の上にストラ

イブ幅1.8μmの第1の保護膜61が形成できる。

してフォトレジストのみを除去することにより、図4

膜63をマスクとして、前記第1の保護膜をエッチンク

に、ELOG成長を行う際に形成した保護側の上部で且 [0082] さらに、図4 (d) に示すように、ストラ イブ状の第1の保護職61形成後、再度R1EによりS 8 ェロのリッジ形状のストライプ200を形成する。但 i C14ガスを用いて、p側コンタクト層10、および し、リッジ形状のストライプ200は、図1に示すよう p側クラッド暦9をエッチングして、ストライブ幅1 **の保護膜の中心部分を避けるように形成される。**

20

D装置に移送し、図4(e)に示すように、2 r 酸化物 【0083】リッジストライブ形成後、ウェーハをPV 1の保護膜61の上と、エッチングにより露出されたp 関クラッド層9の上に0.5μmの膜厚で連続して形成 する。このようにZェ酸化物を形成すると、pーn面の 絶縁をとるためと、横モードの安定を図ることができ好 に示すように、第1の保護膜61をリフトオフ法により (主として2 r O1) よりなる第2の保護膜62を、第 ましい。次に、ウェーハをフッ酸に浸漬し、図4(f) 除去する。

クト層10の上の第1の保護機61が除去されて露出し たそのp倒コンタクト層の装面にNi/Auよりなるp **風悟20を形成する。但しり電桶20は100μmのス** トライブ幅として、この図に示すように、第2の保護膜 図1に示されるように戯出させたn側コンタクト層2の 表面にはTi/AIよりなるn 電極21をストライプと [0084] 次に図4 (g) に示すように、p回コンタ 62の上に渡って形成する。第2の保護膜62形成後、 平行な方向で形成する。

共振器面にSiO≀とTiO≀よりなる誘電体多層膜を形 [0085] 以上のようにして、n電極とp電極とを形 成したウェーハのサファイア 基板を研磨して70 umと した後、ストライプ状の電極に垂直な方向で、碁板側か らべー状に勢関し、繋駕面(11-00面、六角柱状の 或し、最後に p 電極に平行な方向で、パーを切断して図 1に示すようなレーザ素子とする。 なお共仮器長は30 0~500μmとすることが窒ましい。 得られたレーザ 素子をヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤ **店品の側面に相当する面=M面)に共板器を作製する。**

将国2000-349398

3

ボンディングして、室温でいーザ発板を試みた。

fは0. 1~0. 2V程度の低下を示すが、本発明の発 光聚子は、高出力時に従来のものから大きくその琳子特 の連続発振が強認され、窒塩で1万時間以上の寿命を示 す。 更には、30mW駆動時において、比較例1に比べ てViが0.5Vも大きく低下した。このことは、前配 ることで、11トの上昇がなく、葉子野命を向上させる ことを示す結果となった。なお、2.0mA時では、V [0086] その結果、 **室温においてしきい値2.5k** p型キャップ層が、上述した2層構造を少なくとも有す A/cm²、 Lきい値配圧 5 Vで、発板放長 4 0 0 n m 性が向上していることがわかる。

ップ俗?を以下のように1層から構成させる他は同様に [0087] [比較例1] 奥筋例1において、p型キャ して窓化物半導体ワーが珠子を存製する。

を用い、Mgを5×10¹⁴/cm³ドープしたAlo.4G にTMA、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスと ao. 6 Nよりなるp型キャップ階7を、膜厚100Aで (800℃)、同雰囲気 (Nz雰囲気) にて、原料ガス 成長させる。得られたレーザ寮子は、寒臨例1と比べ (p型キャップ層 1) 活性層を成長させた後、同塩度 してCp1Mg (シクロペンタジエニルマグネシウム) て、Viが高く、栞子寿命も劣るものであった。

Mg (シクロペンタジエニルマグネシウム)を用い、値 して水漿雰囲気下で、960℃に昇温した後、原厚10 度800℃で、すなわち、活性層成長時とほぼ同様の遺 る。得られるレーザ繋子は、実施例1とほぼ同様に良好 な栞子信頼性を有するものであり、出力特性に関しても 同程度のVfで、関値電流Ithの上昇もなく、高出力で c m³ ドープしたA 10.4G a 0.6Nよりなる第1のp型 蛮化物半導体層7 a を成長させ、キャリアガスをH₂に 0ÅでMgを1×1019/cm3ドープしたA10.4Ga [0088] [契範例2]キャリアガスにN1、原料ガ スにTMA、TMG、アンモニア、不純物ガスにCps 度、同様の雰囲気で、膜厚30AのMgを1×10¹⁹/ 0.6Nを成長させ、この2層でp型キャップ層を形成す る他は、実施例1と同様にして、レーザ素子を形成す の連続発展が可能な業子であった。

[0089]また、上記第1のp型窒化物半導体層、第 膜厚が増えたことによるVfの上昇、これによる関値電 券子特性に大きな変化はないものの、V f の上昇が現れ 始め、出力特性が僅かに劣る傾向を示し、それぞれの観 2のp型蛮化物半導体層の膜厚を、それぞれ100人、 **厚が100Å、400Åでは、その傾向が顕著とたり、** 100A、更にはそれぞれ100A、400Aとして、 案子特性の変化を調べる。各層の膜厚が100Åでは、 流の上昇が観測された。

9

20 【0090】 [実施例3] 第1のp型盤化物半導体層の 图成をA 10.1G a 0.8Nとする他は、実施例1と同様に した、フード強子を形成する。毎のれるフーが強子は、

実施例1とほぼ同程度の出力特性を有し、これは第1の 層の第2のp型強化物半導体層の良好な結晶成長、活性 層の保護への寄与が大きいことを示すものである。この ため、秦子信頼性、特に秦子寿命についても、奥施例1 電子閉じ込めることに、第2のp型変化物半導体層ほど 寄与していないことを示すものであり、それよりも、」 p型変化物半導体層が活性層との電位障壁をとること、 とほぼ同様に、良好な寿命特性を示すものであった。

説明する。サファイア (C面) よりなる基板100をM 【0091】 [実施倒4] 図5を元に実施例5について **基板の温度を1050℃まで上昇させ、基板のクリーニ** OVPEの反応容器内にセットし、水繋を流しながら、

げ、キャリアガスに水霧、原料ガスにアンモニアとTM G (トリメチルガリウム) とを用い、基板100上にG aNよりなるパッファ磨101を約150オングストロ (パッファ層101) 続いて、温度を510℃まで下 一ムの膜厚で成長させる。 [0092] (アンドープGaN層103) バッファ層 101成長後、TMGのみ止めて、温度を1050℃ま で上昇させる。1050℃になったら、同じく原料ガス にTMG、アンモニアガスを用い、アンドープGaN層 103を1.5μmの隙庫で成長させる。

【0093】 (n型コンタクト層104) 続いて105 0℃で、同じく原料ガスにTMG、アンモニアガス、不 純物ガスにシランガスを用い、Siを4.5×1010/ on』ドープしたGaNよりなるn型コンタクト層104 を2.25μmの膜厚で成長させる。

5層積層して2500オングストローム厚として、超格 【0094】(n型クラッド層105)次にシランガス のみを止め、1050℃で、TMG、アンモニアガスを 用い、アンドーブGaN扇を15オングストロームの隙 厚で成長させ、続いて同温度にてシランガスを追加しS 7.5 オングストロームのアンドープG a N層からなるA 智と、SiドープGaN層を有する25オングストロー ムのB層とからなるペアを成長させる。そしてペアを2 子構造の多層膜よりなる n 型第1多層膜層 5 を成長させ iを4.5×1018/cm/ドープしたGaN層を25オ ングストロームの膜厚で成長させる。このようにして、

[0095] (n型パッファ暦106) 次に、同様の温 ストローム成長させ、次に遺度を800℃にして、TM G、TM1、アンモニアを用い、アンドーブ1 no.13G ao.81Nよりなる第2の層を20オングストローム成長 させる。そしてこれらの操作を繰り返し、第2の層+第 1の階の頃で交互に10層の心積層させ、最後にGBN よりなる第2の届を40オングストローム成長さた超格 子構造の多層膜よりなるn型パッファ層106を640 度で、アンドープGaNよりなる第1の層を40オング オングストロームの膜厚で成長させる。

[0096] (活性層101) 次に、キャリアガスをN 続いて湿度を800℃にして、TMG、TMI、アンモ ニアを用いアンドープ Ino.4G ao.8Nよりなる井戸層 を30オングストロームの膜厚で成長させる。そして障 盟+井戸+障壁+井戸・・・・+障壁の順で障監層を5 層、井戸層を4層、交互に積層して、総膜厚1120オ ングストロームの多重量子井戸構造よりなる活性層10 1に代えて鎧繋雰囲気として、アンドーブGaNよりな る障壁層を200オングストロームの膜厚で成長させ、 7を成長させる。

同様な雰囲気、塩度の下、原料ガスとしてTMA、TM タジエニルマグネシウム)を用い、膜厚20オングスト ロームのMgを1×1019/cm3ドープしたA10.4G 60℃に昇俎した後、膜厚60オングストロームでMg 長させ、この2届で膜厚80オングストロームのp型キ を1×1011/cm3ドープしたA10.1Gao.eNを成 させ、キャリアガスをHzに代えて水漿雰囲気下で、9 に、キャリアガスとしてN2を用い活性層成長時とほぼ ao.eNよりなる第1のp型窒化物半導体層7aを成長 G、アンモニア、不飽物ガスにC p1Mg(シクロペン [0097] (p型キャップ層108) 活性層と同様 ャップ層を形成する。

【0098】(p型多層膜クラッド磨109)次に、塩 りなる第1の層を40オングストロームの膜厚で成長さ プレた I no.o3 G ao.o1 Nよりなる第2の層を25 オン グストロームの膜厚で成長させる。そしてこれらの操作 て、100℃でアニーリングを行い、p型層をさらに低 取り出し、最上層のp型コンタクト磨110の袋面に所 度1050℃でTMG、TMA、アンモニア、Cp1M B (シクロペンタジエニルマグネシウム) を用い、MB せ、概いて温度を800℃にして、TMG、TMI、ア ンモニア、C p1Mgを用いMgを1×1020/cm ドー 最後に第1の層を40オングストロームの膜厚で成長さ せた組格子構造の多層膜よりなるp型多層膜クラッド層 なるp型コンタクト層110を700オングストローム げ、さらに窒素雰囲気中、ウェーハを反応容器内におい 抵抗化する。アニーリング後、ウェーハを反応容器から Gの形状のマスクを形成し、RIE (反応性イオンエッ チング)装置で p 型コンタクト層倒からエッチングを行 い、図5に示すようにn型コンタクト層104の表面を [0100] エッチング後、最上層にあるp型コンタク 【0099】 (p型GaNコンタクト層110) 続いて を1×1020/cm ドープした 2型A 10.2G 80.8Nよ を繰り返し、第1+第2の順で交互に5層ずつ積層し、 109を365オングストロームの順厚で成長させる。 v. Mgを1×1020/cm ドープしたp型GaNより の膜厚で成長させる。反応料了後、温度を窒ಡまで下 1050℃で、TMG、アンモニア、Cp2Mgを用

8 ト層のほぼ全面に膜厚200オングストロームのNiと

はWとAlを含むn 配極112を形成してLED菜子と た。このように、LED繋子についても、良好なVfを 型キャップ層が比較例1, 2のような構造にあるLED 好な第2のp型選化物半導体の成長に支えられ素子信頼 の上にポンディング用のAuよりなるpパッド配種(図 示せず)を0.5μmの膜厚で形成する。一方、エッチ ングにより舞出させた n 型コンタクト層 1 0 4 の数面に 5 2 0 n m の植緑色発光を示し、V f は 3. 5 V であっ 示し、また禁子學命についてもレーザ素子と回様に、p 群子に比べて、V f の上昇が抑えられ高出力で、且つ良 A u を含む透光性のp 配極111と、そのp 配極111 した。このLED鰲子は順方向観視20mAにおいて、 位の高いものである。

[0101] [比較例2] p型キャップ層として、キャ 1 に比べて、V f は少し高くなるものの発質に大きな歯 **したフー声球中が缶た。待の右たフー声繋中は、実施宮** 1万時間には遠く及ぶものではなく、業子断面を観察し たところ、成長時乃至は駆動時に活性層が分解したこと ::eNを膜厚10Aで形成する他は、実施例1と回接に いが出るほどではなかったが、衆子野命が極めて悪く、 で、MBを1×1010/cmlドープしたA10.1Ga リアガスをH1として木森雰囲気下で、温度960℃ によるところが多きことがわかった。 【発明の効果】本発明は、第1のp型盤化物半導体層が 活性層の分解、特にInの蒸発・分離を防止し、第2の p型盤化物半導体層が良好な結晶性でもって形成される 結果として得られる発光器子は、V fの低下、素子势命 ため、陌性層との良好なオフセットをとることができ、 の向上、の向上した茶子が得られる。 8

[0102]

【図1】図1は、本発明の一実施の形態である強化物半 尊体レーザ祭子を示す模式的断面図である。 [図面の簡単な説明]

[図2] 図2は、サファイアの面方位を示すユニットセ ト図っちる。

【図3】 図3は、オフアングルした異種基板の部分的な 8.状かにす様式的腔面図いれる。

【図4】 図4は、リッジ形状のストライプ200を形 成する一実施の形態である方法の各工程におけるウェハ の部分的な構造を示す模式的財団図である。 \$

【図5】 本発明に係る実施例5のLED森子の模式的 所面図である。

[符号の説明]

··· 強化物半導体基板 ・・・ロ型コンタクト層

1・・・クラック防止層、

・・・ロ型クラッド層

・・・ロ型ガイド層、

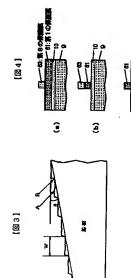
7 a・・・第1のp型蛮化物半導体層、

[図2]

108 (1084) 1091 1001

<u>\$</u> \$ 5 5 1 1 1 -16-

特別2000-349398 28 A TE (112-0) [🖾2] 9・・・p型クラッド層、 10・・・p型コンタクト層。 (15) 7 b・・・第2のp型窒化物半導体層、 7・・・p型キャップ層、 8・・・p型ガド層、 [図1] 102:高温成長パックル 103:低温成長パックル 103:低温成長パックル 103:



}

3 3 3

-15-

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

□ BLACK BORDERS
☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
FADED TEXT OR DRAWING
☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
□ OTHER:

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)